

коэффициенту затухания прецессии намагниченности (0.005), распространение колебаний в объем пленки быстро затухает.

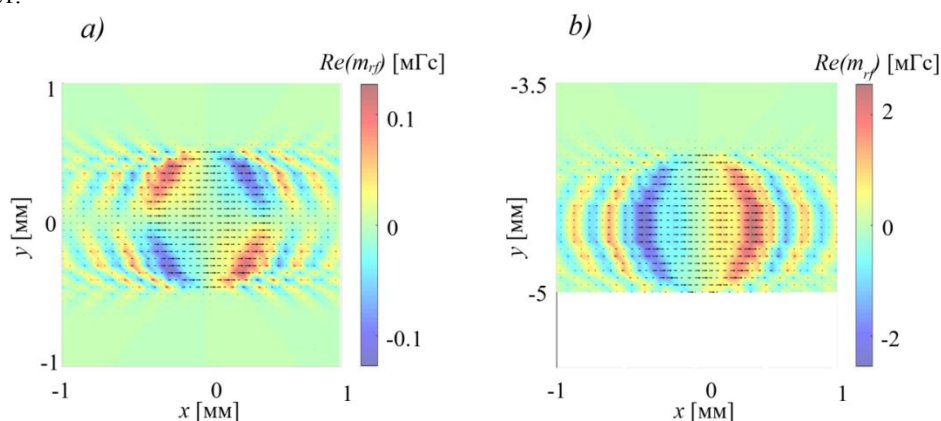


рис.1. Полученные микромагнитным моделированием распределения реальной части переменной намагниченности  $Re(m_d)$  вблизи центра пленки (a) и у ее края (b).

Из рассчитанного спектра поглощения СВЧ энергии (мнимая часть переменной магнитной восприимчивости) были определены резонансные поля. Оказалось, что у края пленки резонансное поле увеличивается относительно поля в центре на  $\sim 1$  Э. Это смещение обусловлено сильными размагничивающими полями, возникающими на границах пленки. Они являются причиной изменения характера и амплитуды возбуждаемых переменным полем колебаний намагниченности у краев пленки относительно центра (рис. 1), а это и приводит к сдвигу максимума интегрального спектра поглощения СВЧ энергии. Важно отметить, что полученные с помощью микромагнитного моделирования результаты хорошо согласуются с данными эксперимента [3, 4].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-32-00086.

Список публикаций:

- [1] J. Petzold, *J. Magn. Magn. Mater.*, 242, 84-89 (2002).
- [2] A.V. Izotov, B.A. Belyaev, P.N. Solovov, N.M. Boev, *Physica B Cond. Matter*, 556, 42-47 (2019).
- [3] B.A. Belyaev, A.V. Izotov, G.V. Skomorokhov, P.N. Solovov, *Mater. Res. Express*, 6, 116105 (2019).
- [4] Б.А. Беляев, Н.М. Боев, А.В. Изотов, Г.В. Скоморохов, П.Н. Соловьев, *Известия вузов. Физика*, 61, 50–56 (2018).

## Динамические свойства ферримагнетиков в окрестности точки компенсации углового момента

**Трочина Арина Михайловна**  
*Башкирский государственный университет*  
 Гареева Зухра Владимировна, д.ф.-м.н.  
[arina.trochina@bk.ru](mailto:arina.trochina@bk.ru)

В настоящее время процессы сверхбыстрого переключения намагниченности привлекают активный интерес исследователей в связи с перспективами их использования в устройствах спинтроники и в информационных технологиях нового поколения.

Перспективными материалами для исследования высокоскоростной магнитодинамики являются антиферромагнетики, обладающие высокими динамическими характеристиками: скорости движения доменных границ в ортоферритах достигают 20 км/с, в них также наблюдается высокочастотная динамика намагниченности [1]. Однако, существуют определенные сложности при экспериментальном исследовании данных эффектов.

В связи с этим в большой интерес вызывает изучение скомпенсированных ферримагнетиков, в которых, как показали исследования последних лет реализуется высокоскоростная динамика намагниченности, в частности, скорости доменных границ достигают 5 км/с [2]. Однако, теоретические модели, используемые для описания динамических явлений в скомпенсированных ферримагнетиках основаны на использовании приближений, например, метод коллективных переменных и атомистические расчеты [2].

В данной работе исследуется динамика намагниченности в скомпенсированных ферримагнетиках типа GdFeCo, CoTb, CoGd, ортоферритах на основе использования эффективного Лагранжиана и эффективной

функции Рэлея. Проводится расчет динамических характеристик данных систем и исследование их поведения при изменении параметров системы. Проведенные расчеты показывают аномальное возрастание частоты ферромагнитного резонанса при приближении к точке компенсации углового момента  $T_A$  ( $\frac{M_1}{\gamma_1} = \frac{M_2}{\gamma_2}$ ), где  $\gamma_i$  является гиромагнитным отношением для конкретной подрешетки,  $M_i$  – подрешеточная намагниченность ( $i = 1, 2$ ). В других ферромагнетиках, где отсутствуют условия компенсации углового момента, обсуждаемые эффекты не реализуются.

Список публикаций:

- [1] Барьяхтар В.Г., Иванов Б.А., Четкин М.В.// Динамика доменных границ в слабых ферромагнетиках. УФН. 1985. Т.146. В. 3  
[2] S. K. Kim// Fast and efficient switching with ferrimagnets. Nature Electronics. 2020. 3 (1). 18–19pp.

## Параметры обменного взаимодействия ОЦК кристалла железа

Филин Сергей Юрьевич

Волгоградский государственный университет

Лебедев Николай Геннадьевич, д.ф.-м.н.

[steam-sf97@mail.ru](mailto:steam-sf97@mail.ru)

Железо – это один из самых распространенных элементов в природе, составляет основу магнитомягких углеродистых и неуглеродистых сталей [1]. Среди полиморфных модификаций наиболее стабильной является кристаллическая структура - объемно-центрированная кубическая (ОЦК или  $\alpha$ -фаза). ОЦК решетка является ферромагнитной до критической температуры 1045 К.

Экспериментальное и теоретическое изучение магнитного отклика ферромагнитного образца на его деформацию (эффект Виллари) является объектом активного научного исследования уже более века [2]. Однако изучение параметров обменного взаимодействия является актуальным для развития сформировавшегося недавно нового научного направления – стрейнтроники [3], использующей эффекты в твердых телах, обусловленные деформациями и приводящие к изменению зонной структуры, проводящих и магнитных свойств материалов. Подобные эффекты позволяют реализовать новое поколение устройств информационных и сенсорных технологий.

Цель настоящей работы является расчёт параметров обменного взаимодействия в ОЦК кристалла железа. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: выполнить расчёт электронного строения одного и двух связанных атомов железа; расчёт параметров обменного взаимодействия для одного и двух связанных атомов железа; выявить зависимость обменного взаимодействия от суммарного спина системы и межатомного расстояния. Для расчета параметров обменного взаимодействия использовался неограниченный метод Хартри - Фока с базисами атомных орбиталей STO-3G и 6-31G [4].

Как следует из результатов квантово-химических расчётов, полная энергия элементарной ячейки (ЭЯ) в целом убывает с ростом мультиплетности  $M$  системы, что свидетельствует об энергетически более устойчивом состоянии с высшими спинами. Расширение атомного базиса до 6-31G приводит к появлению минимума на кривой зависимости  $E(M)$  при  $M = 7$ , что соответствует полному спину  $S = 3$ .

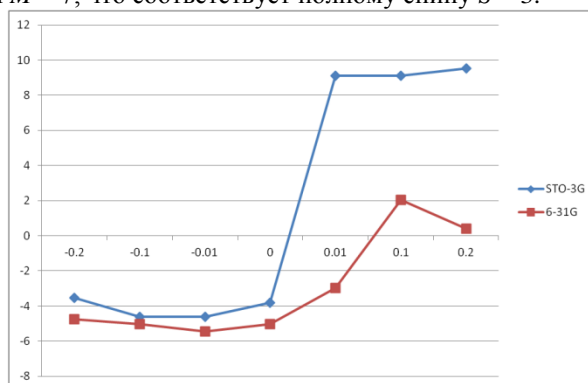


рис. 1 Энергия обменного взаимодействия  $J$  (эВ) как функция относительного межатомного расстояния  $\delta$  для спина  $S_{max}=3$

Для изучения деформационных эффектов в кристалле  $\alpha$ -железа рассчитана зависимость полной энергии ЭЯ от относительного расстояния  $\delta = \pm 0.01, \pm 0.1, \pm 0.2$  между атомами Fe для различной мультиплетности. Показано, что в зависимости от спинового состояния энергетический минимум может смещаться из положения  $\delta = 0$  в положение  $\delta = 0.01, 0.1$ . Для некоторых значений мультиплетности, например,  $M = 7$  (STO-3G) и  $M = 9$